

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **62-056557**

(43)Date of publication of application : **12.03.1987**

---

(51)Int.Cl. **C22C 38/50**  
**C21D 8/00**

---

(21)Application number : **60-196987**

(71)Applicant : **KOBE STEEL LTD**

(22)Date of filing : **06.09.1985**

(72)Inventor : **FUJIWARA MASAYUKI**  
**UCHIDA HIROYUKI**  
**OKADA TAKESHI**  
**MATSUDA FUMIO**

---

### **(54) STAINLESS STEEL MATERIAL EXCELLENT IN NEUTRON-ABSORPTION CAPACITY AND ITS PRODUCTION**

#### **(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To develop a stainless steel remarkably excellent in neutron-absorption capacity, having superior hot workability, cold workability and secondary operation properties and further excellent in castability, mechanical properties, corrosion resistance and weldability by adding specific elements excellent in neutron- absorption capacity, such as Gd and the like, to a stainless steel.

**CONSTITUTION:** As a stainless steel having superior neutron-absorption capacity for use in a nuclear reactor and facilities for manufacture, handling, transportation, storage and waste disposal of nuclear fuel, a stainless steel ingot having a composition containing, by weight, 0.1W3.0% Gd, 0.01W0.15% C, <1.5% Si, <2.0% Mn, <0.045% P, <0.03% S, 7W35% Ni, 15W30% Cr, <5% Mo, <1% Ti, <2% Nb and <0.3% N or further containing <0.1% Co is used. The above stainless steel ingot is heated to 1.050W1.150°C and a Gd-rich phase is dispersed finely and uniformly by a single hot or cold working, so that property of secondary operation to products, ductility, toughness and weldability can be improved.

---

#### **LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-56557

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)3月12日

C 22 C 38/50  
C 21 D 8/00

7217-4K  
E-7047-4K

審査請求 未請求 発明の数 3 (全7頁)

⑮ 発明の名称 中性子吸収能の優れたステンレス鋼材及びその製造方法

⑯ 特 願 昭60-196987

⑰ 出 願 昭60(1985)9月6日

⑱ 発 明 者 藤 原 優 行 神戸市灘区高徳町1丁目4番11号  
⑱ 発 明 者 内 田 博 幸 神戸市北区山田町小部字岡山2-545  
⑱ 発 明 者 岡 田 健 東京都渋谷区西原3-48-5  
⑱ 発 明 者 松 田 文 夫 神戸市東灘区森南町1-1-23  
⑲ 出 願 人 株式会社神戸製鋼所 神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号  
⑳ 代 理 人 弁理士 福森 久夫

明 細 書

1 発明の名称

中性子吸収能の優れたステンレス鋼材及びその製造方法

2 特許請求の範囲

1 重量%で、Gd:0.1~3.0%を含有し、かつ、C:0.01~0.15%、Si:1.5%以下、Nb:2.0%以下、P:0.045%以下、S:0.03%以下、Ni:7~35%、Cr:15~30%、Mo:5%以下、Ti:1%以下、Nb:2%以下、N:0.3%以下、残部Fe及び不可避免的不純物からなることを特徴とする中性子吸収能の優れたステンレス鋼材。

2 重量%で、Gd:0.1~3.0%を含有し、かつ、C:0.01~0.20%、Si:1.5%以下、Nb:1.5%以下、P:0.045%以下、S:0.03%以下、Ni:6%以下、Cr:11~32%、Mo:3%以下、残部Fe及び不可避免的不純物からなることを特徴とする中性子吸収能の優れたステンレス鋼材。

3 重量%で、Co:0.1%以下を含有する特許請求の範囲第1項記載の中性子吸収能の優れたステンレス鋼材。

4 重量%で、Co:0.1%以下を含有する特許請求の範囲第2項記載の中性子吸収能の優れたステンレス鋼材。

5 重量%で、Si:0.1%以下とした特許請求の範囲第1項又は第3項記載の中性子吸収能の優れたステンレス鋼材。

6 重量%で、Si:0.1%以下とした特許請求の範囲第2項又は第4項記載の中性子吸収能の優れたステンレス鋼材。

7 重量%で、Gd:0.1~3.0%を含有し、かつ、C:0.01~0.15%、Si:1.5%以下、Nb:2.0%以下、P:0.045%以下、S:0.03%以下、Ni:7~35%、Cr:15~30%、Mo:5%以下、Ti:1%以下、Nb:2%以下、N:0.3%以下、残部Fe及び不可避免的不純物からなるステンレス鋼を溶製して棒塊を製し、該棒塊を1050℃~1150℃において加熱処理し、次いで該

熱処理を少なくとも1回熱間加工又は冷間加工することとを特徴とする中性子吸収能の優れたステンレス鋼材の製造方法。

8 重量%で、Cr:0.1~3.0%を含有し、かつ、C:0.01~0.20%、Si:1.5%以下、Nb:1.5%以下、P:0.045%以下、S:0.003%以下、N:6%以下、Cr:11~32%、Mo:3%以下、炭素Fe及び不可避的不純物からなるステンレス鋼を溶製して鉄塊を作製し、該鉄塊を1050℃~1150℃において加熱処理し、次いで該鉄塊を少なくとも1回熱間加工又は冷間加工することを特徴とする中性子吸収能の優れたステンレス鋼材の製造方法。

9 重量%で、Co:0.1%以下を含有する特許請求の範囲第7項記載の中性子吸収能の優れたステンレス鋼材の製造方法。

10 重量%で、Co:0.1%以下を含有する特許請求の範囲第8項記載の中性子吸収能の優れたステンレス鋼材の製造方法。

11 重量%で、Si:0.1%以下とした特許

他には熱中性子吸収能の高い金属材料が多く使用されている。

特に、近年、商業用原子炉においては、原子燃料の高燃焼度化に伴う高燃焼度化が進んでいること、また、原子燃料サイクル施設のより高度化の要求が高まっていることから、上記構造物に対しては、従来よりさらに熱中性子吸収能の高い材料が要望される。

また、上記構造物は、鋼材に各種加工を施して作製されるため、鋼材には、鋳造性、熱間加工性、冷間加工性、二次加工性、機械的性質、溶接性等に優れていることも要求される。また、鋳造性良く鋳造されることも必要である。さらに、核燃料、廃棄物は腐食性を有しているので該材料は耐食性に優れている必要がある。

ところで、従来、熱中性子吸収能を持つ金属材料としては、熱中性子吸収能に優れたFeを利用したB含有ステンレス鋼及びB含有鋼が製作されている。

しかし、従来のこの種のステンレス鋼あるいは

従来の特開第7項又は第9項記載の中性子吸収能の優れたステンレス鋼材の製造方法。

12 重量%で、Si:0.1%以下とした特許請求の範囲第8項又は第10項記載の中性子吸収能の優れたステンレス鋼材の製造方法。

3 発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、中性子吸収能の優れたステンレス鋼材及びその製造方法に関する。

〔発明の概要〕

一般に、原子炉及び原子燃料の製造、取扱い、輸送、貯蔵、再処理、廃棄物処理の施設において、原子燃料物質に基本的に要求されるのが未臨界性の確保である。

ところで、235-U、239-Pu等の核分裂性物質は、熱中性子(エネルギー数eV程度のエネルギーを有する中性子)に対して核分裂を起し易いため、この熱中性子を吸収することにより熱中性子束を下げ、未臨界性を高める必要がある。そのため、原子燃料サイクル施設の各種構造

物は、B含有量が増加するにつれて加工性が劣化し、熱間製造あるいは圧延が困難となる。また、機械的性質も劣化する。

一方、加工性、機械的性質を確保するためにはB含有量を、炭素鋼の場合では2%以下、ステンレス鋼の場合ではそれ以下とせざるを得ず、そして、かかる材料は実用されているものの、その含有量が低いので熱中性子吸収能が低いという問題がある。

従って、熱中性子吸収能に優れ、かつ、加工性、機械的性質も良好な鋼材の出現が要望されている。

〔発明の目的〕

本発明は熱中性子吸収能が著しく優れ、熱間加工性、冷間加工性及び二次加工性が良好で構造物の製作が容易であり、また、鋳造性良く製造でき、さらに機械的性質、耐食性、溶接性等性も優れたステンレス鋼材及びその製造方法を提供するものである。

〔発明の概要〕

本出願に係る鋼 1 の発明は、重量%で、Gd : 0.1 ~ 3.0 % を含有し、かつ、C : 0.01 ~ 0.15 %、S : 1.5 % 以下、Mn : 2.0 % 以下、P : 0.045 % 以下、Si : 0.03 % 以下、Ni : 7 ~ 35 %、Cr : 15 ~ 30 %、Mo : 5 % 以下、Ti : 1 % 以下、Nb : 2 % 以下、N : 0.3 % 以下、残部 Fe 及び不可避免的不純物からなることを特徴とする中性子吸収性の優れたステンレス鋼材である。

第 1 発明における成分限定理由を示す。

α d : 0.1 ~ 3.0 %

従来は中性子吸収能を向上させるためにBが使用されているが、Gは中性子吸収断面積が大きく、理論的には、Bの約4倍の中性子吸収断面積を有する。従って、Gは優れた熱中性子吸収能を付与するために不可欠な元素である。ただ、含有量が0.1%未満ではその効果が少なく、また、3%を越えると熱間加工、冷間加工、二次加工の成形加工性が悪くなり、また、材料特性のうち、特に延性、靱性、溶接性が劣るようになる。

上、Cr: 15%以上必要であるが、Ni: 35%、Cr: 20%を越えると加工性、耐酸性が劣化し、また、耐腐性も不利になるため、Ni: 7~35%、Cr: 15~30%とする。

M o : 5 % 以 下

M<sub>0</sub>は、強度、耐食性改善に有効であるが、多く加えても効果は飽和し、M<sub>0</sub>は高価であるため上限は5%とする。

Ti : 1%以下, Nb : 2%以下

Ti、Nbは強力な炭化物生成元素であり、これらの添加によってC（炭化物）の析出が抑制され、耐食性が向上するが、本発明で限定したC量においては、Ti：1%以下、Nb：2%以下で耐食性の向上には十分であるためこの範囲とする。

N : 0.3 % 以下

N は、C と同じ作用により強度の向上に有効であるが、多く加えると C<sub>1</sub> 空化物の形成により耐食性を劣化させるので、上限は 0.3 % とする。

なお、本出願に係る鋼材はフェライト系ステン

C = 0.01 ~ 0.15%

Cは、構造材料として強度確保のため、0.01%以上必要であるが、あまり多くするとC<sub>2</sub>炭化物が境界に析出し耐食性の劣化を招くので上限は0.15%とする。

3 j : 1.5 % 以下

S<sub>1</sub>は脱酸剤として加えられるが、多くすると加工性、溶解性を阻害するので上限を1.5%とする。

M n : 2.0 % U F

M<sub>0</sub>は、脱酸剤として、また、熱加工性改善のため加えられるが、2.0%以上添加してもその効果は飽和するので上限は2.0%とする。

P : 0.045 % 以下 , S : 0.03% 以下

P及びSは不可逆的不純物であるが、多くなる  
と酸化、腐蝕性劣化を起すためP:0.015%以  
下、S:0.03%以下とする。

N i : 7 ~ 35% , C r : 15 ~ 30%

Ni, Crは、オーステナイト組織を得るため、また、酸化性の向上のためにNi:7%以

レス鋼材である。

本出願に係る第2の発明は、溶融状態で、C d : 0.1 ~ 3.0 %を含有し、かつ、C : 0.61 ~ 0.20 %、S i : 1.5 %以下、M n : 1.5 %以下、P : 0.065 %以下、S : 0.03 %以下、N i : 6 %以下、C r : 13 ~ 32 %、M o : 3 %以下、純溶Fe及び不可避的不純物からなることを特徴とする中性子吸収断の優れたステンレス鋼材である。

以下に成分限定理由を説明する。

Gd, Si, P, S については詳しく説明と同様の理由による。

C : 0.01 ~ 0.20%

Cは、強度確保のため0.01以上必要であるが、多く加えるとフェライト系、フェライト・オーステナイト2層系ステンレス鋼では効果を起し、二次加工性、耐酸性が劣化するため上限は0.20%とする。

M n : 1.5 % 以下

Mnは脱炭に、また、熱間加工性改善に有効であるが、フェライト系鋼では、1.5%を超えては

加しても効果は飽和するため上限は1.5%とする。

Ni: 6%以下

Niはフェライト系ステンレス鋼においては靱性の改善に有効であるために、また、2相系ステンレス鋼においてはCr含量に応じてオーステナイト相を導入するために添加する。しかし、6%を超えて添加してもその効果は飽和するので上限を6%とする。

Cr: 11~32%

Crは耐食性のため11%以上必要であるが、あまり多く加えすぎると加工性、溶接性を劣化させるため11~32%の範囲とする。

Mo: 3%以下

Moは、強度、耐食性改善に有効であるが、多く加えても効果は飽和すること、また、経済的に不利であることから上限は3%とする。

なお、第1発明と第2発明において、Cを0.1%以下添加すると中性子吸収能がより一層向上する。従って、第1発明又は第2発明に係るス

テンレス鋼は、C: 1.5%以下、Mo: 2.0%以下、P: 0.045%以下、S: 0.03%以下、Ni: 7~35%、Cr: 15~30%、Mn: 5%以下、Ti: 1%以下、Nb: 2%以下、N: 0.3%以下、残部Fe及び不可避免的不純物からなるステンレス鋼を溶製して铸塊を製し、該铸塊を1050℃~1150℃において加熱処理し、次いで該铸塊を少なくとも1回熱間加工又は冷間加工することを特徴とする中性子吸収能の優れたステンレス鋼材の製造方法である。

本出願に係る第4発明は、重量%で、Cd: 0.1~3.0%を含有し、かつ、C: 0.01~0.20%、Si: 1.5%以下、Mn: 1.5%以下、P: 0.045%以下、S: 0.03%以下、Ni: 6%以下、Cr: 11~32%、Mo: 3%以下、残部Fe及び不可避免的不純物からなるステンレス鋼を溶製して铸塊を製し、該铸塊を1050℃~1150℃において加熱処理し、次いで該铸塊を少なくとも1回熱間加工又は冷間加工することを特徴とする中性子吸収能の優れたステンレス鋼材の製造方法である。

第3発明及び第4発明における成分限定理由は

ステンレス鋼を、原子炉用構造材料のように、特に原子炉内で使用する場合には、誘導放射能による破断を低減することが可能となる。

また、Siの上限を0.1%とした場合には加工性がより一層向上し、形状が複雑な構造物、あるいは高圧の加工性が要求されるような構造物に加工することも可能となる。このようにSiを0.1%以下にすると加工性が向上するのは次の理由による。すなわち、Cdは鋼中にほとんど溶解せずCd富化相として分散し、この相にはSiが溶化する。従って、Siを0.1%以下にすると、Cd富化相は同化を起さず、Cd富化相の變化による加工性の劣化を防止することができるとのである。

なお、本出願に係るステンレス鋼材はフェライト系、あるいはフェライト・オーステナイトの2相系ステンレス鋼材であり、これにより耐食性が確保される。

本出願に係る第3発明は、重量%で、Cd: 0.1~3.0%を含有し、かつ、C: 0.01~0.15%、Si

第1発明及び第2発明において説明した通りである。

铸塊を1050℃~1150℃に加熱処理する理由を述べる。

Cdは、鋼中に溶解度をほとんど持たないため、铸塊の凝固時にはデンドライト間にCd富化相として析出する。铸造のままでは、Cd富化相が割目状となり、かつ形状も複雑となるため、熱間加工時にはこの部分に割れが発生し易い。しかるに、铸造後の铸塊を1050℃~1150℃に加熱すると、Cd富化相は球状化、均一分布化するので熱間加工時における割れの発生を防止することができるためである。

また、铸塊を少なくとも1回熱間加工又は冷間加工するのは、かかる熱間加工又は冷間加工を施すとCd富化相は均一・微細に分散し、製品への二次加工性、延性、靱性、溶接性が改善されるからである。

【実施例】

第1表に示す成分の铸塊を10kg溶製し

た。

N o 1 ~ N o 5 は第2発明の実施例であり、N o 7 ~ N o 12 は第1発明の実施例である。

N o 1 ~ N o 4 はフェライト系（マルテンサイト組織及び混合組織を含む）ステンレス鋼、N o 5 ~ N o 8 はオーステナイト・フェライト2相ステンレス鋼、N o 7 ~ N o 15 はオーステナイト系ステンレス鋼である。

N o 1 ~ N o 8 には、従来材料である、B を約2%添加した鋼の熱中性子吸収能を十分上まわるG d を添加したものである。

N o 9 ~ N o 15 は、G d 量の実用上有効な範囲を決めるため、18-8オーステナイト系ステンレス鋼についてG d 量を系統的に変化させた比較例である。

N o 9 ~ N o 15 の熱処理の硬さに及ぼすG d 量の影響を第1図に示す。G d 量が増すにつれて、デンドライト凝固期間に析出するG d 富化相が増加するため硬さは上昇する。G d 量が約3.5%以上では硬さがH v 200以上となり、加工性が劣

球状化し、かつ、均一微細に分散することがわかる。

N o 1 ~ N o 15 の供試材について、熱処理の健全性、熱間加工性、冷間加工性を評価し、さらに厚さ3mmの板材を製作し、機械的性質（強度と延性）、耐食性（水浸漬1カ月）、溶接性（G d を含まない合金系溶接材料を用い、針めV形溶接割れ試験）及び熱中性子吸収能を評価した。

評価結果を第2表に示す。

G d 量を系統的に変化させたN o 9 ~ N o 15 の鋼において、G d 量約8%以上では、熱処理時に割れが発生すること、また、熱間加工性が著しく劣るため、実用不可と判断された。

G d 量約4.5%以上では、加工性がやや劣り、特に溶接性が著しく劣るため、これも実用上不可と判断された。これらの加工性、溶接性は、先に示したS i 量の低減により改善が期待できるが、実用上の安全を見込み、G d 量の上限は3%とした。

従って、本実施例に係るN o 1 ~ N o 12 のス

化することが予想される。

G d 富化相をEPMAにより分析したところ、G d 富化相はG d と、鋼の主要構成元素であるFe、Cr、Ni等の金属間化合物相と析出された。またG d 富化相には複合の種類があり、いずれもS i が還元されており、S i 量低減はG d 富化相の低減並びに硬さの低減に有効であることがわかる。N o 11はN o 12に対しS i 量を低減させたものであるが、その硬さは、N o 12よりH v 20程度低くなり、後述する第2表の評価結果で示すごとく、熱間加工性、冷間加工性及び溶接性の改善に有効であることがわかった。

第2図に、熱処理の形態から板、棒、管等の製品に至る製造工程の概略を示す。

通常の工程1に対し、本例に係る工程2では、熱処理にG d 富化相を球状化、均一分布化するための熱処理を入れ、また、冷間加工工程を1回以上施している。

工程1では、第3図に示すごとく、G d 富化相が針目状に分布するのにに対し、工程2ではこれが

ステンレス鋼は、熱中性子吸収能に優れ、加工性、機械的性質、耐食性、溶接性等も構造材料として実用上問題のない特性を有していることがわかる。

#### 〔発明の効果〕

以上、本出願に係る第1発明及び第2発明は、熱中性子吸収能が著しく優れ、熱間加工性、冷間加工性及び二次加工性が良好で構造物の製作が容易であり、製造性良く製造でき、さらに機械的性質、耐食性、溶接性等性も優れている。従って、原子燃料サイクル施設用構造材として使用することができ、安全性の確保ひいては安全性の確保に貢献することができる。

また、本出願に係る第3発明及び第4発明は、第1発明及び第2発明に係る鋼材を製造することができる。また、該鋼材を、割れを発生させることなく加工できるので製造歩留を向上させることができる。

表 1

項目	成分	No.	C	S	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ti	Na	N	GC
			wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %
本 発 明 品	フェライト系鋼	1	0.12	0.46	0.78	0.010	0.008	...	11.94	...	...	...	0.03	1.01
		2	0.09	0.52	0.68	0.012	0.004	...	16.32	...	...	...	0.04	1.10
		3	0.16	0.34	0.77	0.009	0.009	1.51	15.46	...	...	...	0.03	0.93
		4	0.01	0.22	0.72	0.008	0.008	...	31.2	1.54	...	...	0.01	1.72
	2相系	5	0.06	0.56	1.21	0.012	0.000	5.06	24.81	2.16	...	...	0.08	1.13
		6	0.01	0.45	0.70	0.017	0.003	6.2	21.35	2.63	0.25	...	0.12	0.94
	オーステナイト系ステンレス鋼	7	0.03	0.52	1.58	0.02	0.01	12.36	17.19	2.42	0.16	0.19	0.01	1.08
		8	0.05	0.62	1.78	0.02	0.02	21.2	25.6	...	...	...	0.03	1.18
		9	0.06	0.68	1.65	0.003	0.002	8.18	18.25	...	...	...	0.03	0.28
		10	0.04	0.85	1.72	0.003	0.002	9.38	18.41	...	...	...	0.02	0.56
		11	0.03	0.02	1.68	0.004	0.001	9.14	18.26	...	...	...	0.01	2.92
		12	0.06	0.67	1.61	0.003	0.002	8.87	18.63	...	...	...	0.02	2.19
比較品	オーステナイト系ステンレス鋼	13	0.05	0.65	1.62	0.002	0.002	8.52	17.66	...	...	...	0.02	4.56
		14	0.04	0.59	1.58	0.004	0.008	9.04	17.46	...	...	...	0.02	7.92
		15	0.04	0.66	1.55	0.004	0.003	9.89	17.35	...	...	...	0.02	10.3

表 2

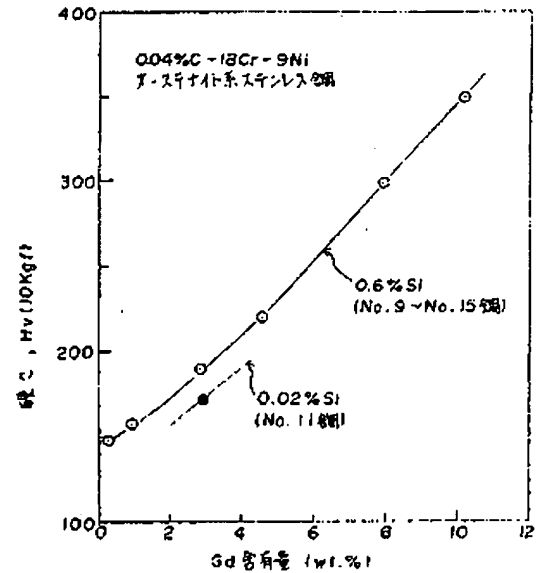
項目	試験項目	試験の健全性	腐蝕加工性	焼戻加工性	機械的性質		耐食性	耐熱性	中性条件下の強度
					引張強さ	延性			
本 発 明 品	No. 1	A	A	A	A	D	B	B	A
	2	A	A	A	A	B	B	B	A
	3	A	B	B	A	C	B	C	A
	4	B	B	B	B	C	A	C	A
	5	A	A	A	B	A	A	B	A
	6	B	B	B	A	B	A	B	A
	7	A	B	A	A	B	A	B	A
	8	A	B	A	A	B	A	B	A
	9	A	A	A	B	A	A	A	B
	10	A	A	A	B	A	A	B	A
	11	A	A	A	A	B	B	B	A
	12	A	B	B	A	B	B	C	A
比較品	13	B	C	C	A	C	C	D	A
	14	C	D	...	...	...	...	...	...
	15	D	D	...	...	...	...	...	...

評価基準：良好 A > B > C > D 劣るまたは加工不可、( ...) として得たため評価できないもの。

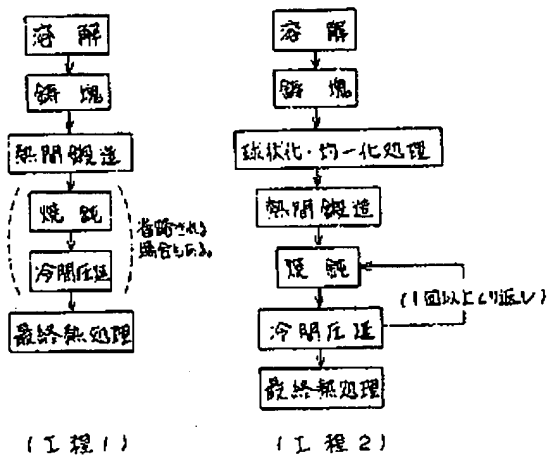
4 図面の簡単な説明

第1図は、Gd含有量と硬さとの関係を示すグラフである。第2図は、鋳塊の形状から板材等の製品材料への製造過程を示す工程図である。第3図はGd富化相の組織を示す顕微鏡写真である。

第1図



第2図



第3図

